

Studi Kapasitas Baterai 110 Vdc pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang

Ricky Agned, Nurhalim

Program Studi Teknik Elektro S1, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: rickyagned83@gmail.com

ABSTRACT

PT. PLN (Persero) substation Bangkinang is central to setting the load demand of electric power, central security equipment electrical power system and the center of the normalization of the disturbances in the region Bangkinang. DC source is the heart of the electrical distribution system, in which the reliability of the source of DC was very influential to the performance of the equipment for distribution of electrical energy, especially equipment that is in substations Bangkinang integrated with the equipment that serves as the primary distributor of electricity. DC system consists of a rectifier which serves to AC voltage converter to a DC voltage using AC as the input source being particularly vulnerable to the threat of disruption such as loss of voltage due to an AC source of the transformer substation outages own use due to interruption of transmission or power transformer. Therefore, to reduce the impact of losses in result of these disorders requires a DC system is reliable and high stability is equipped with a backup power source is a battery that is integrated with the rectifier. In this study will measure the per-cell voltage of 110 Vdc battery and test the battery capacity of 110 VDC substation of 150 KV Bangkinang using non-hypothetical komprasi convening phenomenon comparison with the standard. Based on 110 Vdc battery capacity testing of substation of 150 KV Bangkinang NiCd battery bank can be said to be reliable because it works over IEEE standards for testing after a 5 hour battery bank has a voltage of 94 V readable on a gauge. In the measuring instrument is known by 88 V Warning Limit, and Stop Limit is 86 V. In order to maintain the stability of the rectifier to the battery charging from AC voltage supply required stable from the substation.

Keywords: Rectifier , Battery , Battery Capacity of Substations.

I. PENDAHULUAN

Sumber daya DC pada suatu gardu induk memiliki peran sangat penting dalam kelancaran operasi gardu itu sendiri dalam melayani kebutuhan listrik bagi para konsumen. Sumber daya DC pada gardu induk biasanya disuplai dari beberapa baterai yang disusun secara seri. Baterai ini berfungsi untuk memberikan daya DC bagi rele, motor penggerak pada PMS dan PMT, serta untuk mensuplai daya yang digunakan untuk peralatan telekomunikasi.

Untuk menjaga agar peralatan seperti rele, pembaca alat ukur, motor penggerak PMS

maupun PMT bergerak serta peralatan telekomunikasi tetap berfungsi, maka baterai harus bisa mensuplai daya ke peralatan tersebut meski dalam keadaan tanpa charger maupun dalam keadaan *blackout*. Sehingga baterai juga mempunyai peranan penting dalam sistem tenaga listrik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa ketahanan kapasitas baterai 110 Vdc pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang apakah masih handal untuk memberikan suplai DC terhadap peralatan proteksi saat terjadi gangguan hilang tegangan (*blackout*).

Berdasarkan Buku Pedoman Operasi dan Pemeliharaan (O&M) Peralatan sistem DC, dalam pengoperasian tenaga listrik terdapat dua macam sumber tenaga untuk kontrol di dalam Gardu Induk 150 kV adalah sumber arus searah (DC) dan sumber arus bolak-balik (AC). Sumber tenaga untuk kontrol selalu harus mempunyai kehandalan dan stabilitas yang tinggi Gardu Induk merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat dan tegangan kerjanya, tempat untuk melakukan kerja *switching* rangkaian suatu sistem tenaga listrik dan untuk menunjang keandalan sistem tenaga listrik terkait.

Dalam penyaluran tenaga listrik diperlukan sistem proteksi yang handal, peralatan proteksi mendapatkan supply DC dari baterai 110 Vdc di Gardu Induk 150 kV. Sumber DC merupakan jantung dalam sistem penyaluran kelistrikan di gardu induk, dimana keandalan sumber DC tersebut sangat berpengaruh kepada unjuk kerja peralatan untuk penyaluran energi listrik terutama peralatan yang bekerja di Gardu Induk yang terintegrasi dengan peralatan-peralatan utama yang berfungsi sebagai penyalur tenaga listrik.

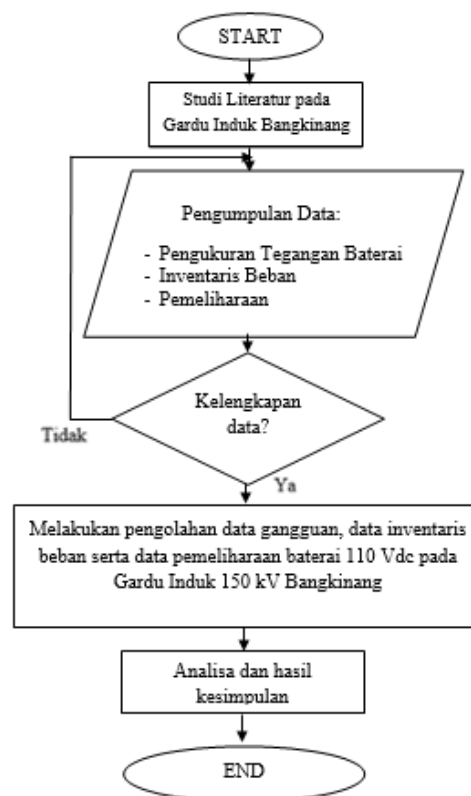
Sistem DC terdiri dari baterai dan *rectifier* yang berfungsi sebagai pengubah tegangan AC ke tegangan DC menggunakan sumber AC sebagai input yang sangat rawan terhadap ancaman gangguan seperti kehilangan tegangan akibat sumber AC dari Trafo Pemakaian Sendiri GI padam akibat gangguan transmisi atau trafo daya atau tidak bekerjanya sistem Proteksi di GI akibat kegagalan Sistem DC. Oleh karena itu untuk mengurangi dampak kerugian yang diakibatkan gangguan tersebut dibutuhkan suatu sistem DC yang handal dan *stability* yang tinggi dengan dilengkapi cadangan sumber tenaga yaitu Baterai sebagai *back up* catu daya DC.

Penelitian ini merujuk dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Ibnu Salam, 2007. Dimana penelitian ini akan mengukur tegangan per-sel baterai 110 Vdc dan menguji kapasitas baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang dengan menggunakan metode komparasi non-hipotesis yaitu mengadakan komparasi fenomena dengan standarnya.

II. METODE PENELITIAN

Adapun jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah komparasi non-hipotesis yaitu mengadakan komparasi fenomena dengan standarnya untuk menganalisa ketahanan kapasitas baterai 110 Vdc pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang apakah masih handal untuk memberikan suplai DC terhadap peralatan proteksi saat terjadi gangguan hilang tegangan (*blackout*). Data - data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain : Pengukuran Tegangan Baterai, Inventaris Beban dan data Pemeliharaan.

Berikut ini adalah diagram alir penelitian :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Tahap awal penelitian ini adalah mengumpulkan berbagai referensi ataupun jurnal-jurnal yang relevan dengan topik penelitian. Setelah itu, mengumpulkan data – data yang dibutuhkan yaitu data Pengukuran Tegangan Baterai baterai 110 Vdc dari bulan Oktober 2016 sampai bulan Desember 2016, data Inventaris Beban dan data Pemeliharaan.

Setelah data lengkap terkumpul dilakukanlah perhitungan tegangan dan beban input ke baterai 110 Vdc dan output dari baterai 110 Vdc ke beban di Gardu Induk 150 kV Bangkinang. Setelah itu dilakukan analisa hasil pengukuran dan pemeliharaan serta pengujian kapasitas baterai 110 Vdc terhadap kemampuan baterai 110 Vdc di Gardu Induk 150 kV Bangkinang.

Kapasitas baterai adalah besarnya arus listrik baterai (ampere) yang dapat disuplai/dialirkan ke suatu rangkaian luar atau beban dalam waktu tertentu (jam) untuk memberikan tegangan tertentu. Kapasitas baterai (Ah) dinyatakan sebagai berikut:

$$C = I \cdot t \quad (1)$$

Rectifier merupakan suatu rangkaian alat listrik untuk mengubah arus listrik bolak-balik (AC) menjadi sumber arus searah (DC) yang berfungsi untuk memberikan tegangan DC. Di dalam *rectifier* terdapat sebuah baterai, yang berfungsi untuk menyimpan tegangan DC. Untuk itu *rectifier* harus disesuaikan kapasitasnya dengan kapasitas baterai yang terpasang.

Jenis Rectifier

1. Rectifier 1 (satu) fasa

Yang dimaksud dengan *rectifier* 1 fasa adalah *rectifier* yang rangkaian inputnya menggunakan AC suplai 1 fasa. *Rectifier* jenis inilah yang dipergunakan pada gardu yang ada di peralatan proteksi. *Rectifier* akan bekerja apabila diberikan tegangan 220 Vac.

2. Rectifier 3 (tiga) fasa

Yang dimaksud dengan *rectifier* 3 fasa adalah *rectifier* yang rangkaian inputnya menggunakan AC suplai 3 fasa (380 Vac). Agar dapat menghasilkan tegangan sebesar 380 Vac, maka proses penyambungannya yaitu dengan konfigurasi fasa ke fasa (r-s-s-t-t-r), sehingga *rectifier* 3 fasa ini dapat bekerja. Hanya saja *rectifier* 3 fasa tidak dipergunakan pada jaringan proteksi pada Gardu Induk.

Prinsip Kerja Rectifier

Sumber AC baik 1 fasa maupun 3 fasa masuk melalui terminal input *rectifier* itu ke trafo *step-down* dan tegangan 220/380 Vac menjadi tegangan 110 Vdc dengan sedikit *ripple*, sehingga untuk memperbaiki *ripple*/gelombang DC yang terjadi diperlukan suatu rangkaian penyaring (filter) yang dipasang sebelum ke terminal output.

Pengisian Baterai

1. Floating

Floating adalah jenis pengisian ke baterai untuk menjaga keadaan baterai dalam keadaan full charger dan baterai tidak mengeluarkan maupun menerima arus listrik saat mencapai tegangan *floating* dan baterai tetap tersambung ke baterai dan beban.

Pada Gardu Induk umumnya menggunakan sistem *floating*, bila sumber AC hilang atau pengisi baterai terganggu, maka beban langsung di suplai dari baterai.

Untuk baterai Alkali tegangan *floating* adalah 1,40-1,44 Vdc setiap sel baterai. Arus *floating* adalah $0,01 \times C$.

2. Equalizing

Equalizing adalah jenis pengisian baterai untuk menyamakan/meratakan tegangan karena terjadi perbedaan tegangan setiap sel. Untuk baterai Alkali tegangan *equalizing* adalah 1,5-1,6 Vdc setiap sel baterai. Arus *equalizing* adalah $0,2 \times C$.

3. Boosting

Boosting adalah jenis pengisian cara cepat yang digunakan untuk *initial charge* atau pengisian kembali pada baterai setelah baterai mengalami pengosongan yang besar atau

setelah di tes kapasitas baterai (*capacity test*). Untuk baterai Alkali tegangan *boosting* adalah 1,65-1,7 Vdc setiap sel baterai. Arus *boosting* adalah $0,1-0,2 \times C$.

Uji Kapasitas Baterai 110 Vdc

Kapasitas suatu baterai adalah menyatakan besarnya arus listrik (ampere) baterai yang dapat di suplai atau di alirkan ke suatu rangkaian luar atau beban dalam jangka waktu (jam) tertentu, untuk memberikan tegangan tertentu Kapasitai baterai (Ah) dinyatakan sebagai Persamaan 1.

Untuk mengetahui apakah baterai sudah terisi penuh dan dapat menyimpannya dengan baik maka perlu dilakukan pengukuran kondisi baterai dengan cara menguji secara simulasi beban yang dapat diatur sehingga arusnya pun dapat diatur pada arus yang tetap maka tegangan baterai akan turun dari nominalnya. Waktu penurunan tegangan dibandingkan dengan karakteristik baterai tersebut maka dapat diketahui kondisi baterai tersebut, apakah mempunyai kapasitas yang baik atau buruk <40%.

Pada baterai alkali nickel-cadmium (Ni-Cd) umumnya kapasitas baterai dinyatakan dalam C5 yang menyatakan besarnya kapasitas baterai dalam Ah yang tersedia selama 5 jam untuk C5. Pengujian kapasitas baterai dilakukan pada :

1. Saat komisioning baterai (initial charge)
2. 5 tahun setelah operasi
3. Kemudian dilakukan setiap 2 (dua) tahun
4. Pada dasarnya untuk mengetahui kapasitas dan kemampuan baterai yang sesungguhnya.

Penyebab kapasitas baterai menurun adalah :

1. Pengisian yang tidak sempurna
2. Pengisian floating yang terlalu lama
3. Banyak terdapat karbon dalam sel baterai
4. Kadar potasium karbonat dalam baterai terlalu tinggi
5. Kerusakan elektroda/material aktif baterai

Pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang menggunakan baterai 110 Vdc dengan kapasitas baterainya adalah 200 Ah, berarti baterai tersebut mampu menyuplai arus untuk

beban DC sebesar 200 Amper dalam 1 jam. Dengan beban peralatan pada Gardu Induk 150 kV Bangkinang adalah 6 amper, maka baterai 110 Vdc tersebut dapat menanggung beban selama 33 jam 33 menit.

Prinsip Dasar Pengujian Kapasitas Baterai

Prinsip dasar pengujian kapasitas baterai dilakukan dengan memberikan beban baterai (arus pengosongan/I discharging) sebesar 0,2 C karena 0,2 C ini telah distandarkan oleh IEC (*International Electrotechnical Comission*), hal ini dimaksud agar baterai yang diuji tidak mengalami *over heating* pada sel (yang terdiri dari elektroda, plat dan elektrolit) yang sangat memungkinkan cepat rusaknya baterai tersebut.

Baterai dihubungkan dengan alat pengosongan, yang secara otomatis menampilkan arus pengosongan, tegangan total, lama pengosongan, dan Ah pengosongan, yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Yang harus diperhatikan dalam pengujian kapasitas baterai adalah :

Setting pengosongan baterai :

1. Arus pengosongan (I discharging) = $0,2 \times \text{Kapasitaas baterai (C)}$
2. Lama pengosongan (T stop) = Kapasitas baterai : Arus pengosongan
3. Tegangan akhir (V stop) = 1 Volt per sel
4. Suhu maksimal elektrolit yang diizinkan selama pengosongan = 40-45°C.

Berdasarkan standar IEEE, baterai bank dengan tegangan output nominal 110 VDC dipilih dan dirangkai sedemikian rupa untuk menghasilkan kapasitas arus yang memadai. Baterai bank mempunyai tegangan minimum (V_{min}) 104.5 VDC atau 95% tegangan nominal. Sedangkan baterai bank mempunyai tegangan minimum pengosongan 80% tegangan penuh.

Perhitungan tegangan minimum pengosongan:

$$V_{min} = \frac{80}{100} \times V_{max} \quad (2)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pengukuran Per-Sel Baterai 110 Vdc Oktober-Desember 2015

Data Pengukuran Per-Sel Baterai 110 Vdc Oktober 2015

Data hasil pengukuran tegangan per-sel baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang pada bulan 30 Oktober 2015. Dengan merk baterai SAFT NiCd type SCM 211. Terdapat 86 sel baterai dengan kapasitas 200 Ah, tegangan nominal 1,2 V – 2 V dan suhu ruangan 28,6 derajat celcius.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Per-Sel Baterai 110 Vdc Bulan Oktober 2015

Sel	Tegangan	Suhu	BJ	Sel	Tegangan	Suhu	BJ
1	1.45	28.6	1.20	44	1.44	28.6	1.20
2	1.45	28.6	1.20	45	1.46	28.6	1.20
3	1.45	28.6	1.20	46	1.45	28.6	1.20
4	1.46	28.6	1.20	47	1.45	28.6	1.20
5	1.46	28.6	1.20	48	1.45	28.6	1.20
6	1.42	28.6	1.20	49	1.45	28.6	1.20
7	1.46	28.6	1.20	50	1.45	28.6	1.20
8	1.46	28.6	1.20	51	1.45	28.6	1.20
9	1.45	28.6	1.20	52	1.45	28.6	1.20
10	1.46	28.6	1.20	53	1.45	28.6	1.20
11	1.46	28.6	1.20	54	1.45	28.6	1.20
12	1.45	28.6	1.20	55	1.46	28.6	1.20
13	1.46	28.6	1.20	56	1.45	28.6	1.20
14	1.46	28.6	1.20	57	1.45	28.6	1.20
15	1.46	28.6	1.20	58	1.45	28.6	1.20
16	1.46	28.6	1.20	59	1.45	28.6	1.20
17	1.45	28.6	1.20	60	1.45	28.6	1.20
18	1.46	28.6	1.20	61	1.45	28.6	1.20
19	1.46	28.6	1.20	62	1.45	28.6	1.20
20	1.45	28.6	1.20	63	1.45	28.6	1.20
21	1.45	28.6	1.20	64	1.45	28.6	1.20
22	1.46	28.6	1.20	65	1.44	28.6	1.20
23	1.46	28.6	1.20	66	1.45	28.6	1.20
24	1.45	28.6	1.20	67	1.46	28.6	1.20
25	1.46	28.6	1.20	68	1.45	28.6	1.20
26	1.46	28.6	1.20	69	1.45	28.6	1.20
27	1.45	28.6	1.20	70	1.45	28.6	1.20
28	1.46	28.6	1.20	71	1.45	28.6	1.20
29	1.46	28.6	1.20	72	1.44	28.6	1.20
30	1.46	28.6	1.20	73	1.28	28.6	1.20
31	1.45	28.6	1.20	74	1.45	28.6	1.20
32	1.45	28.6	1.20	75	1.45	28.6	1.20
33	1.45	28.6	1.20	76	1.45	28.6	1.20
34	1.45	28.6	1.20	77	1.45	28.6	1.20
35	1.45	28.6	1.20	78	1.45	28.6	1.20
36	1.45	28.6	1.20	79	1.45	28.6	1.20
37	1.45	28.6	1.20	80	1.45	28.6	1.20
38	1.46	28.6	1.20	81	1.45	28.6	1.20
39	1.45	28.6	1.20	82	1.45	28.6	1.20
40	1.45	28.6	1.20	83	1.45	28.6	1.20
41	1.45	28.6	1.20	84	1.45	28.6	1.20
42	1.45	28.6	1.20	85	1.45	28.6	1.20
43	1.45	28.6	1.20	86	1.45	28.6	1.20

Dari hasil pengukuran tegangan per sel terdapat tegangan drop pada sel nomor 73, tegangan terbaca 1,28 Volt dari tegangan rata-rata 1,43 Volt. Ini terjadi akibat tidak meratanya pengisian tegangan baterai dari *rectifier* pada posisi *floating* terlalu lama.

Tabel 2. Karakteristik Hasil Ukur Tegangan Per-Sel Baterai 110 Vdc Bulan Oktober 2015

Titik Ukur	Hasil Ukur
+ (Ground)	66.6
- (Ground)	34.4
Tegangan Charger (AC)	378
Tegangan ke Baterai	125.2
Arus ke Baterai	6.3
Tegangan ke Beban	118.4
Arus ke Beban	6
Total tegangan baterai:	
Floating	125.2
Equalizing	125.1
Level cairan	Maximum
Penambahan Air murni	

Dari hasil pengukuran diketahui keseimbangan tegangan masing-masing antara positif dan negatif ke ground sesuai standar yaitu positif ke ground 66,6 volt dan negatif ke ground 34,4 volt karena standar keseimbangan antara tegangan positif dan negatif ke ground adalah 50% dari tegangan output charger (toleransi $\pm 12,5\%$).

Tabel 3. Hasil Pengukuran Pembebanan Baterai 110 Vdc Bulan Oktober 2015

Waktu (Menit)	Tegangan (V)		Arus (Ampere)	
	Pengukuran	Pembacaan	Pengukuran	Pembacaan
1	125.2	125.2		6
15	125.1	125.2		6
30	125	125		6
45	125	125		6
60	124.5	124.5		6

Dari hasil pengukuran tegangan dan arus pada saat pembebanan baterai 110 Vdc setiap 15 menit selama 1 jam dapat diketahui bila tegangan terendah selama 1 jam terbaca 124,5 Volt dan dengan pemakaian beban yang sama yaitu 6 Ampere.

Data Pengukuran Per-Sel Baterai 110 Vdc November 2015

Data hasil pengukuran tegangan per-sel baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang pada bulan 30 November 2015. Dengan merk baterai SAFT NiCd type SCM 211. Terdapat 86 sel baterai dengan kapasitas 200 Ah, tegangan nominal 1,2 V – 2 V dan suhu ruangan 28,6 derajat celcius.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tegangan Per-Sel Baterai 110 Vdc Bulan November 2015

Sel	Tegangan	Suhu	BJ	Sel	Tegangan	Suhu	BJ
1	1.45	28.6	1.20	44	1.44	28.6	1.20
2	1.45	28.6	1.20	45	1.46	28.6	1.20
3	1.45	28.6	1.20	46	1.45	28.6	1.20
4	1.46	28.6	1.20	47	1.45	28.6	1.20
5	1.46	28.6	1.20	48	1.45	28.6	1.20
6	1.42	28.6	1.20	49	1.45	28.6	1.20
7	1.46	28.6	1.20	50	1.45	28.6	1.20
8	1.46	28.6	1.20	51	1.45	28.6	1.20
9	1.45	28.6	1.20	52	1.45	28.6	1.20
10	1.46	28.6	1.20	53	1.45	28.6	1.20
11	1.46	28.6	1.20	54	1.45	28.6	1.20
12	1.45	28.6	1.20	55	1.46	28.6	1.20
13	1.46	28.6	1.20	56	1.45	28.6	1.20
14	1.46	28.6	1.20	57	1.45	28.6	1.20
15	1.46	28.6	1.20	58	1.45	28.6	1.20
16	1.46	28.6	1.20	59	1.45	28.6	1.20
17	1.45	28.6	1.20	60	1.45	28.6	1.20
18	1.46	28.6	1.20	61	1.45	28.6	1.20
19	1.46	28.6	1.20	62	1.45	28.6	1.20
20	1.45	28.6	1.20	63	1.45	28.6	1.20
21	1.45	28.6	1.20	64	1.45	28.6	1.20
22	1.46	28.6	1.20	65	1.44	28.6	1.20
23	1.46	28.6	1.20	66	1.45	28.6	1.20
24	1.45	28.6	1.20	67	1.46	28.6	1.20
25	1.46	28.6	1.20	68	1.45	28.6	1.20
26	1.46	28.6	1.20	69	1.45	28.6	1.20
27	1.45	28.6	1.20	70	1.45	28.6	1.20
28	1.46	28.6	1.20	71	1.45	28.6	1.20
29	1.46	28.6	1.20	72	1.44	28.6	1.20
30	1.46	28.6	1.20	73	1.28	28.6	1.20
31	1.45	28.6	1.20	74	1.45	28.6	1.20
32	1.45	28.6	1.20	75	1.45	28.6	1.20
33	1.45	28.6	1.20	76	1.45	28.6	1.20
34	1.45	28.6	1.20	77	1.45	28.6	1.20
35	1.45	28.6	1.20	78	1.45	28.6	1.20
36	1.45	28.6	1.20	79	1.45	28.6	1.20
37	1.45	28.6	1.20	80	1.45	28.6	1.20
38	1.46	28.6	1.20	81	1.45	28.6	1.20
39	1.45	28.6	1.20	82	1.45	28.6	1.20
40	1.45	28.6	1.20	83	1.45	28.6	1.20
41	1.45	28.6	1.20	84	1.45	28.6	1.20
42	1.45	28.6	1.20	85	1.45	28.6	1.20
43	1.45	28.6	1.20	86	1.45	28.6	1.20

Dari hasil pengukuran tegangan per sel terdapat tegangan drop pada sel nomor 73, tegangan terbaca 1,28 Volt dari tegangan rata-rata 1,43 Volt. Ini terjadi akibat tidak

meratanya pengisian tegangan baterai dari *rectifier* pada posisi *floating* terlalu lama.

Tabel 5. Karakteristik Hasil Ukur Tegangan Per-Sel Baterai 110 Vdc Bulan November 2015

Titik Ukur	Hasil Ukur
+ (Ground)	66.6
- (Ground)	34.4
Tegangan Charger (AC)	378
Tegangan ke Baterai	125.2
Arus ke Baterai	6.3
Tegangan ke Beban	118.4
Arus ke Beban	6
Total tegangan baterai:	
Floating	125.2
Equalizing	125.1
Level cairan	Maximum
Penambahan Air murni	

Dari hasil pengukuran diketahui keseimbangan tegangan masing-masing antara positif dan negatif ke ground sesuai standar yaitu positif ke ground 66,6 volt dan negatif ke ground 34,4 volt karena standar keseimbangan antara tegangan positif dan negatif ke ground adalah 50% dari tegangan output charger (toleransi $\pm 12,5\%$).

Tabel 6. Hasil Pengukuran Pembebanan Baterai 110 Vdc Bulan November 2015

Waktu (Menit)	Tegangan (V)		Arus (Ampere)	
	Pengukuran	Pembacaan	Pengukuran	Pembacaan
1	125.2	125.2		6
15	125.1	125.2		6
30	125	125		6
45	125	125		6
60	124.5	124.5		6

Dari hasil pengukuran tegangan dan arus pada saat pembebanan baterai 110 Vdc setiap 15 menit selama 1 jam dapat diketahui bila tegangan terendah selama 1 jam terbaca 124,5 Volt dan dengan pemakaian beban yang sama yaitu 6 Ampere.

Data Pengukuran Per-Sel Baterai 110 Vdc Desember 2015

Data hasil pengukuran tegangan per-sel baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang pada bulan 14 Desember 2015. Dengan merk baterai SAFT NiCd type SCM 211. Terdapat 86 sel baterai dengan kapasitas 200 Ah, tegangan nominal 1,2 V – 2 V dan suhu ruangan 28,6 derajat celcius.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Tegangan Per-Sel Baterai 110 Vdc Bulan Desember 2015

Sel	Tegangan	Suhu	BJ	Sel	Tegangan	Suhu	BJ
1	1.45	28.6	1.20	44	1.44	28.6	1.20
2	1.45	28.6	1.20	45	1.46	28.6	1.20
3	1.45	28.6	1.20	46	1.45	28.6	1.20
4	1.46	28.6	1.20	47	1.45	28.6	1.20
5	1.46	28.6	1.20	48	1.45	28.6	1.20
6	1.42	28.6	1.20	49	1.45	28.6	1.20
7	1.46	28.6	1.20	50	1.45	28.6	1.20
8	1.46	28.6	1.20	51	1.45	28.6	1.20
9	1.45	28.6	1.20	52	1.45	28.6	1.20
10	1.46	28.6	1.20	53	1.45	28.6	1.20
11	1.46	28.6	1.20	54	1.45	28.6	1.20
12	1.45	28.6	1.20	55	1.46	28.6	1.20
13	1.46	28.6	1.20	56	1.45	28.6	1.20
14	1.46	28.6	1.20	57	1.45	28.6	1.20
15	1.46	28.6	1.20	58	1.45	28.6	1.20
16	1.46	28.6	1.20	59	1.45	28.6	1.20
17	1.45	28.6	1.20	60	1.45	28.6	1.20
18	1.46	28.6	1.20	61	1.45	28.6	1.20
19	1.46	28.6	1.20	62	1.45	28.6	1.20
20	1.45	28.6	1.20	63	1.45	28.6	1.20
21	1.45	28.6	1.20	64	1.45	28.6	1.20
22	1.46	28.6	1.20	65	1.44	28.6	1.20
23	1.46	28.6	1.20	66	1.45	28.6	1.20
24	1.45	28.6	1.20	67	1.46	28.6	1.20
25	1.46	28.6	1.20	68	1.45	28.6	1.20
26	1.46	28.6	1.20	69	1.45	28.6	1.20
27	1.45	28.6	1.20	70	1.45	28.6	1.20
28	1.46	28.6	1.20	71	1.45	28.6	1.20
29	1.46	28.6	1.20	72	1.44	28.6	1.20
30	1.46	28.6	1.20	73	1.44	28.6	1.20
31	1.45	28.6	1.20	74	1.45	28.6	1.20
32	1.45	28.6	1.20	75	1.45	28.6	1.20
33	1.45	28.6	1.20	76	1.45	28.6	1.20
34	1.45	28.6	1.20	77	1.45	28.6	1.20
35	1.45	28.6	1.20	78	1.45	28.6	1.20
36	1.45	28.6	1.20	79	1.45	28.6	1.20
37	1.45	28.6	1.20	80	1.45	28.6	1.20
38	1.46	28.6	1.20	81	1.45	28.6	1.20
39	1.45	28.6	1.20	82	1.45	28.6	1.20
40	1.45	28.6	1.20	83	1.45	28.6	1.20
41	1.45	28.6	1.20	84	1.45	28.6	1.20
42	1.45	28.6	1.20	85	1.45	28.6	1.20
43	1.45	28.6	1.20	86	1.45	28.6	1.20

Pada pengukuran tegangan baterai bulan Desember hasil pengukuran tegangan per-sel baterai normal semua setelah dilakukan pengisian dari *rectifier* dengan metode

equalizing untuk meratakan semua tegangan baterai.

Tabel 8 Karakteristik Hasil Ukur Tegangan Per-Sel Baterai 110 Vdc Bulan Desember 2015

Titik Ukur	Hasil Ukur
+ (Ground)	66.6
- (Ground)	34.4
Tegangan Charger (AC)	378
Tegangan ke Baterai	125.2
Arus ke Baterai	6.3
Tegangan ke Beban	118.4
Arus ke Beban	6
Total tegangan baterai:	
Floating	125.2
Equalizing	125.1
Level cairan	Maximum
Penambahan Air murni	

Dari hasil pengukuran diketahui keseimbangan tegangan masing-masing antara positif dan negatif ke ground sesuai standar yaitu positif ke ground 66,6 volt dan negatif ke ground 34,4 volt karena standar keseimbangan antara tegangan positif dan negatif ke ground adalah 50% dari tegangan output charger (toleransi $\pm 12,5\%$).

Tabel 9. Hasil Pengukuran Pembebanan Baterai 110 Vdc Bulan Desember

Waktu (Menit)	Tegangan (V)		Arus (Ampere)	
	Pengukuran	Pembacaan	Pengukuran	Pembacaan
1	125.2	125.2		6
15	125.1	125.2		6
30	125	125		6
45	125	125		6
60	124.5	124.5		6

Dari hasil pengukuran tegangan dan arus pada saat pembebanan baterai 110 Vdc setiap 15 menit selama 1 jam dapat diketahui bila tegangan terendah selama 1 jam terbaca 124,5 Volt dan dengan pemakaian beban yang sama yaitu 6 Ampere.

3.2 Pengujian Kapasitas Baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang

Setting pengosongan baterai :

1. Baterai SAFT NIFE 110 V 200 Ah, 86 sel
I disch : $0,2 \times 200 = 40$ Ampere

Berarti arus pengosongan = 40 Ampere

2. $T_{stop} : 200/40 = 5 \text{ Jam}$

Berarti lama pengosongan = 5 Jam

3. $V_{stop} : 1 \text{ V} \times 86 \text{ sel baterai} = 86 \text{ Volt}$

Berarti tegangan akhir = 86 Volt

Hasil pengujian kapasitas baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang pada tanggal 7 Oktober 2015 dengan merk baterai SAFT NiCd type SCM 211 dengan total 86 sel dan kapasitas 211 Ah. Baterai beroperasi mulai tahun 2009.

Tabel 10. Pengujian Kapasitas Baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang

No	Waktu	Langkah	Tegangan Terbaca	Keterangan
1	0:00:00	Mengukur disetiap tegangan per sel dan tegangan total serta suhu elektrolit baterai seluruh baterai 110 Vdc	110 V	Sebelum pengujian
2	1:00:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	100 V	Satu jam pertama
3	2:00:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	97 V	Satu jam kedua
4	3:00:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	96 V	Satu jam ketiga
5	3:30:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	95.5 V	Setengah jam ketiga
6	4:00:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	95 V	Satu jam keempat
7	4:15:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	95 V	Seperempat jam keempat
8	4:30:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	95 V	Setengah jam keempat
9	4:45:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	94.5 V	Tiga perempat jam keempat
10	5:00:00	Mengukur kembali tegangan per sel dan total serta suhu elektrolit baterai 110 Vdc	94 V	Satu jam kelima



Gambar 2. Grafik Pengujian Kapasitas Baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang

Berdasarkan standar IEEE, baterai bank dengan tegangan *output* nominal 110 VDC dipilih dan dirangkai sedemikian rupa untuk menghasilkan kapasitas arus yang memadai. Baterai bank mempunyai tegangan minimum (V_{min}) 104.5 VDC atau 95% tegangan nominal. Sedangkan baterai bank mempunyai tegangan minimum pengosongan 80% tegangan penuh.

Berdasarkan pengujian, didapatkan hasil tegangan untuk 86 sel baterai NiCd terukur 110 V sebelum dilakukan pengosongan baterai. Kemudian setelah 1 jam pengujian terjadi penurunan tegangan sebesar 10 V, tegangan baterai terukur 100 V. Setelah 2 jam pengujian terjadi penurunan tegangan sebesar 3 V, tegangan baterai terukur 97 V. Pada 3 jam pengujian tegangan turun sebesar 1 V, tegangan baterai terukur 96 V. Setengah jam berikutnya terjadi penurunan tegangan sebesar 0,5 V, tegangan baterai terukur 95,5 V. Pada 4 jam pengujian tegangan turun kembali sebesar 0,5 V, tegangan baterai terukur 95 V. Pada pengujian diantara jam keempat sampai jam kelima juga terjadi penurunan tegangan sebesar 1 V, tegangan terukur pada pengujian jam kelima sebesar 94 V. Pengujian hanya dilakukan selama 5 jam, karena pada keadaan dilapangan saat terjadi trip maksimal waktu penormalan adalah 5 jam.

Baterai bank NiCd pada Gardu Induk 150 KV Bangkinang dapat dikatakan handal karena bekerja diatas standar IEEE karena setelah 5 jam pengujian baterai bank memiliki tegangan sebesar 94 V terbaca di alat ukur. Pada alat ukur diketahui *Warning Limit* sebesar 88 V, dan *Stop Limit* sebesar 86 V.

3.3 Rectifier Bekerja Maksimal Dalam Mengisi Baterai 110 Vdc

Membuat *rectifier* bekerja maksimal dalam mengisi baterai 110 Vdc yaitu dengan menjaga sumber tegangan AC dari suplai ke *rectifier*. *Rectifier* mendapat suplai AC 380 V dari GI. Kestabilan tegangan AC pada Gardu Induk dapat dijaga dengan menaikkan tegangan apabila terjadi *Under Voltage Input* (tegangan <380 V) dan menurunkan tegangan apabila terjadi *Over Voltage Input* (tegangan >380 V).

IV. KESIMPULAN

1. Sistem DC merupakan jantung dari Gardu Induk 150 kV, apabila Gardu Induk 150 kV kehilangan suplai DC maka peralatan proteksi, mekanik-mekanik PMT dan metering tidak dapat bekerja.
2. Dari hasil pengukuran bulan Oktober 2015 dan November 2015 tegangan per sel terdapat tegangan drop pada sel nomor 73, tegangan terbaca 1,28 Volt dari tegangan rata-rata 1,43 Volt. Ini terjadi akibat tidak meratanya pengisian tegangan baterai dari *rectifier* pada posisi *floating* terlalu lama. Sedangkan pada pengukuran tegangan baterai bulan Desember 2015 hasil pengukuran tegangan per-sel baterai normal semua setelah dilakukan pengisian dari *rectifier* dengan metode *equalizing* untuk meratakan semua tegangan baterai.
3. Dari hasil pengukuran tegangan dan arus bulan Oktober 2015 sampai Desember 2015 pada saat pembebanan baterai 110 Vdc setiap 15 menit selama 1 jam dapat diketahui bila tegangan terendah selama 1 jam terbaca 124,5 Volt dan dengan pemakaian beban yang sama yaitu 6 Ampere.
4. Berdasarkan pengujian kapasitas baterai 110 Vdc Gardu Induk 150 KV Bangkinang, baterai bank NiCd dapat dikatakan handal karena bekerja diatas standar IEEE karena setelah 5 jam pengujian baterai bank memiliki tegangan sebesar 94 V terbaca di alat ukur. Pada alat ukur diketahui *Warning Limit* sebesar 88 V, dan *Stop Limit* sebesar 86 V.
5. Untuk menjaga kestabilan pengisian dari *rectifier* ke baterai diperlukan suplai tegangan AC yang stabil dari Gardu Induk.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik AC/DC Suplai. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- Anonim. 2009. Buku Petunjuk Batasan Operasi Dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga *Compartment*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- Aryanto, Tofan, 2013. Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Di Gardu Induk 150 KV Jepara. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Azriyenni, 2009. Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik. Pekanbaru: Pusbangdik.
- Hutagalung, Nelson. 2011. Saluran Udara Tegangan Tinggi 150 KV. Pekanbaru: Laporan Kerja Praktek Universitas Riau.
- Nugroho, 2012. Baterai Sebagai Suplai Tegangan Dc Pada Gardu Induk 150 KV Kalisari. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Pandjaitan, Bonar. 2012. Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik. Yogyakarta: Andi Offset.
- PLN, Pusdiklat, 2009. Pemeiharaan Catu Daya. Jakarta: Materi Workshop Operasi dan Pemeliharaan Gardu Induk.
- Salam, Ibnu. 2007. Analisis Efisiensi Batere Komunikasi Pada Gardu Induk PT. PLN (Persero) Region Jateng Dan DIY UPT Kudus. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Salam, Ibnu. 2014. Baterai-Charger Pada Gardu Induk 150 KV Srdondol. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Triadiputra, Agil. 2010. Baterai Sebagai Suplai Tegangan DC pada Gardu Induk 150 KV Srdondol PT. PLN (Persero) UPT Semarang. Semarang: Universitas Diponegoro.